

HYDROLOGISEN TOIMISTON TIEDONANTOJA
MEDDELANDEN FRÅN HYDROLOGISKA BYRÅN

XXIV

SUOMEN VESITALOUDESTA

HEIKKI SIMOJOKI

HELSINKI 1966

C 13.06

SOCIETAS SCIENTIARUM FENNICA
ÅRSBOK — VUOSIKIRJA
XLIV B N:O 3

SUOMEN VESITALOUDESTA

*ESITELMÄ SUOMEN TIEDESEURAN KOKOUKSESSA
MARRASKUUN 15 p. 1965*

PITÄNYT
HEIKKI SIMOJOKI

HELSINGFORS 1965

CENTRALTRYCKERIET
HELSINGFORS 1966

Kysymys mannerten vesien määrästä ja laadusta on eri maissa tullut entistä ajankohtaisemmaksi. Asutuksen ja teollisuuden kasvaessa veden käyttö lisääntyy jatkuvasti. Kun toisaalta maapallon makeanveden varastot ovat rajoitetut, on vesitalouteen liittyviin kysymyksiin ruvettu kiinnittämään huomiota entistä enemmän. Edistääkseen mannerten vesiin kuuluvien ongelmien selvittelyä on Unescon toimesta kuluvan vuoden alussa aloitettu kymmenen vuotta kestäväksi suunniteltu kansainvälinen yhteistoimintakausi, hydrologian vuosikymmen. Sen ohjelman eräänä pääteemana on eri maita koskevat vesitaloustutkimukset.

Jonkin alueen vesitalous määräytyy sillä vallitsevan hydrologisen kiertoliikkeen mukaisesti. Sade, joka putoaa maanpinnalle, valuu osittain pintaa pitkin vesistöihin ja osa vedestä vaipuu maahan muodostaen pohjavettä. Lumen muodossa tuleva sade saattaa puolestaan varastoitua jäätiköihin. Osa sateesta voi tarttua kasvullisuuteen saavuttamatta maan pintaa. Maanpinnalle tullut vesi pyrkii painovoiman vaikutuksesta mereen joko pintavesinä tai maanalaisia teitä myöten.

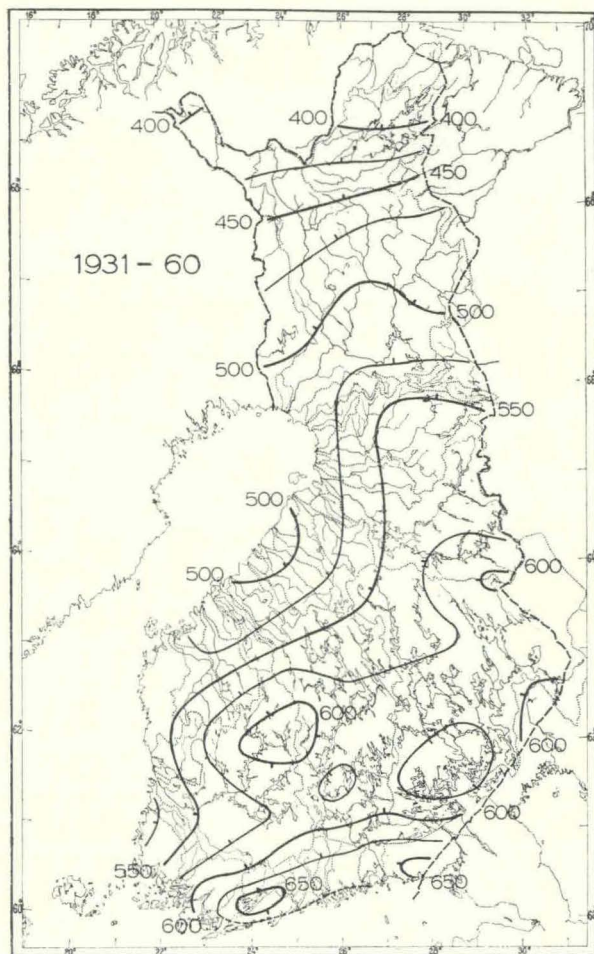
Hydrologisen kiertoliikkeen toinen pääkaari on seuraus auringon säteilyn aiheuttamasta haihtumisesta ja vesihöyryn kulkeutumisesta ilmakehässä mereltä mannerten ylle. Vesipinnasta tai jostakin maalajista tapahtuva haihtuminen, evaporatio ja kasvullisuudesta tapahtuva haihtuminen, transpiratio, noudattavat eri lakeja. On näin ollen ilmeistä, että haihtumisen määrittäminen on mutkikas tehtävä.

Ne vesimäärät, jotka osallistuvat veden kiertoliikkeeseen jollakin määrällä alueella tietyinä aikavälinä, noudattavat seuraavaa tasapainolakia,

$$P = Q + E + \Delta W$$

missä P merkitsee sademäärä, Q alueelta virrannutta vesimäärää, virtaamaa, E haihtumista ja ΔW alueen vesivaraston muutosta kysymyksessä olevan aikavälin kuluessa. Virtaama Q voi tarkoittaa sekä pinta- että maanalaista virtaamaa ja ΔW :n sisällytetään järvien, maakerrosten ja jäätiköiden vesivaraston muutos tarkastetun jakson aikana.

Yllä esitettyä yhtälöä nimitetään hydrologiassa vesitalouden yhtälöksi. Jonkin alueen vesitalouden selvittämiseksi tarkoitetaan lähinnä tämän yhtä-

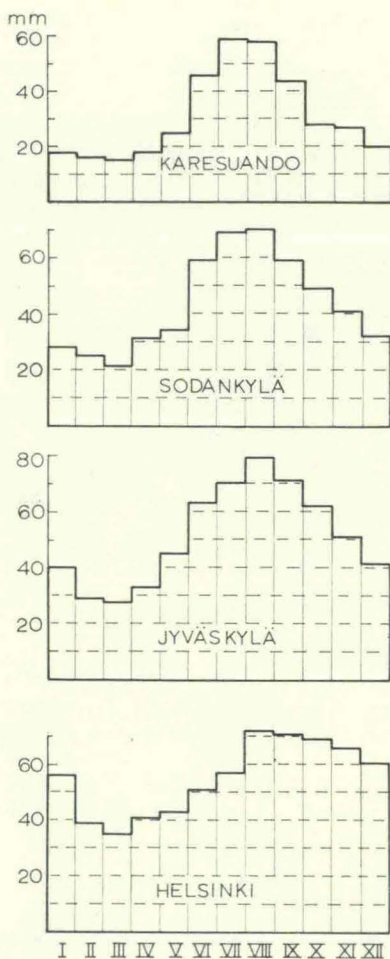


Kuva 1. Vuoden keskimääräinen sademäärä mm.

Fig. 1. Mean annual precipitation in mm.

lön termien suuruuden määrittämistä. Seuraavassa tarkastetaan tätä Suomen osalta pyrkimällä määrittämään eri vesitaloustekijät kauden 1931—60 havainnoista.

Vuotuista sademäärää kuvaavasta kartasta (kuva 1) ilmenee sateen jakautumisen yleispiirteet: Päämaksimi sijaitsee etelärannikolla, mistä sademäärä pienenee pohjoista kohden. Länsi-itäsuunnassa todetaan sademäärään kasvua. Korkeussuhteiden merkitys on selvä. Sadeköyhimmät alueet ovat Pohjanlahden rannikko sekä Lapin pohjoisimmat osat. Myös Saimaan alueella havaitaan lievä minimi. Sadekartat ovat yleensä jossain määrin riippuvia

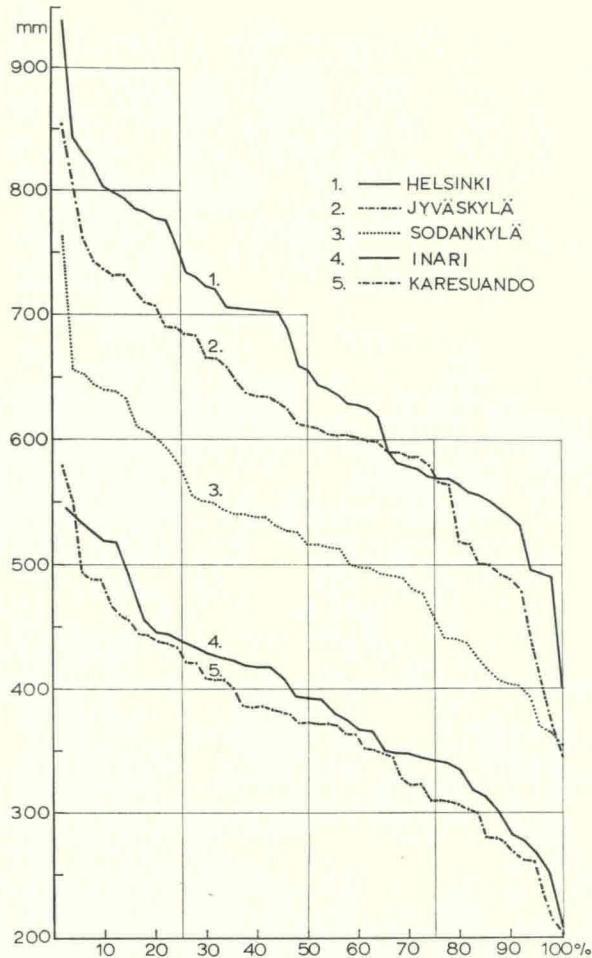


Kuva 2. Kuukausien keskimääräinen sademäärä 1915–64.

Fig. 2. Mean monthly precipitation 1915–64.

laatijoiden subjektiivisistä käsityksistä, koska havaintoja on suhteellisen vähän. Havaintoaineiston lisääntyessä kuva jossain määrin saattaa muuttua. Etenkin Pohjois-Suomen oloihin nähden on näin asianlaita.

Sateen vuotuista kulkua esittäivistä diagrammeista (kuva 2) ilmenee, että Helsinkiä lukuunottamatta sateen vuotuista kulkua kuvaa mantereellinen tyyppi, jolle tunnetusti on luonteenominaista konvektiivisten kesäsateiden aiheuttama maksimi. Tyypillistä mantereellisuutta edustavat Karesuando ja Sodankylä, kuten on odotettavissakin. Diagrammista ilmenee mm., että Sodan-

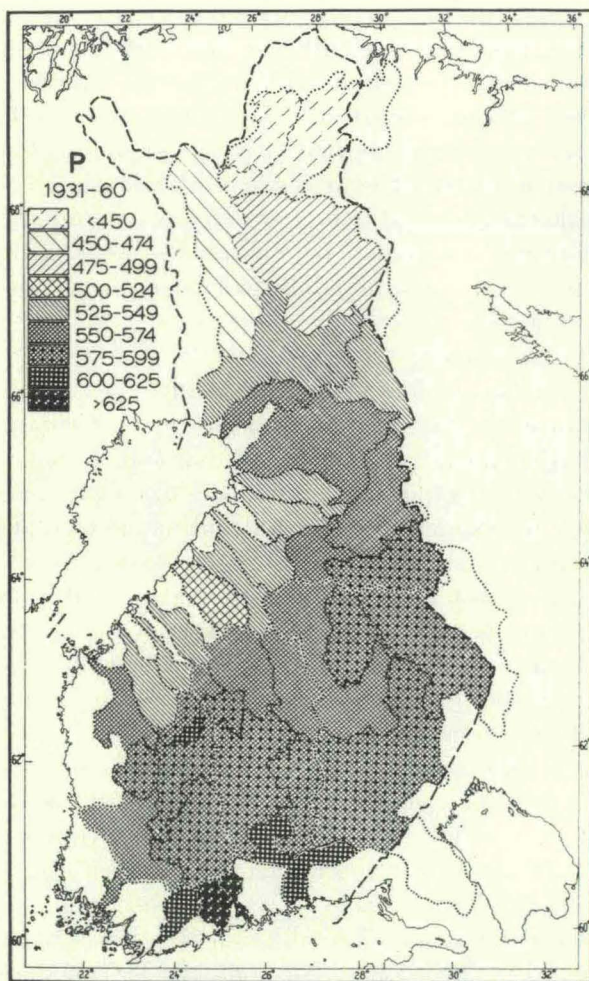


Kuva 3. Vuoden sademäärän suhteellinen lukuisuus 1915—64.

Fig. 3. Relative frequency of annual precipitation 1915—64.

kylän sademäärä kesä- ja heinäkuussa on keskimäärin suurempi kuin Helsingin. Helsinki puolestaan esittää mantereellisen ja merellisen tyypin välimuotoa, mikä ilmenee runsaista syyssateista.

Vuoden sademäärien keskinäistä suuruutta esittää kuva 3. Abskissana on tapausten suhteellinen lukumäärä %:ssa ja ordinaattana vuoden sademäärä. Diagrammista nähdään, että esim. Helsingissä on tarkastettuna kautena suurin sademäärä ollut noin 940 ja pienin 400 mm ja että 50% tapauksista jää rajojen 785 ja 585 mm välille. Edelleen todetaan selvästi sademäärän



Kuva 4. Keskimääräinen vuotuinen sademäärä. Aluearvoja mm:ssä.

Fig. 4. Mean annual precipitation. Catchment area values in mm.

pieneneminen pohjoista kohden. Pienin on kuvion mukaan sademäärä Kare-suandossa, mutta Inarin sademäärä on myös pieni verrattuna esim. Sodan-kylään.

Tavalliset hajontaa koskevat laskelmat osoittavat vuotuisen sademäärän suuren vaihtelevaisuuden: Helsingin 100 vuoden sarjan hajonta on 122 mm ja samanpituiselle Uppsalan sarjalle 93 mm. Hajonta tekee mainituille pai-koille noin 20% vuosisummasta.

Hydrologisia tarkoituksia varten sadehavainnoista lasketaan ns. sateen aluearvoja. Sateen aluearvolla tarkoitetaan sitä korkeutta, joka muodostuisi, jos kysymyksessä olevan ajanjakson aikana alueelle tullut sade ajateltaisiin tasaisesti peittävän alueen. Aluearvoja esittävässä kuvassa 4 todetaan luonnollisesti samat seikat, jotka ilmenivät jo yleisessä sadekartassa. Järvialueen suurien päävesistöjen aluearvot ovat melkein yhtäsuuria.

Suomen sadekartta perustuu noin 700 aseman antamiin tuloksiin. Ottaen huomioon maan suuren pinta-alan on lukumäärä etenkin Pohjois-Suomessa vähäinen. Tämän vuoksi ei ole mahdollista lausua aluearvojen tarkkuudesta täsmällistä käsitystä.

Vesitalousyhtälön jäsen Q esittää, kuten jo mainittiin, virtaamaa. Sillä tarkoitetaan vesiväylän poikkileikkauksen kautta aikayksikössä kulkevaa vesimäärää. Se lausutaan tavallisesti yksikössä m^3/s . Virtaaman määrittäminen on lähinnä hydraulikan piiriin kuuluva tehtävä. Luonnonuomissa suoritettavissa mittauksissa määrätään poikkileikkauksen pinta-ala ja poikkileikkauksen keskinopeus tekemällä nopeusmittauksia useissa pisteissä. Samalla mitataan veden pinnan kaltevuus. Virtaamamittauksia on tehtävä eri vedenkorkeuksien aikana. Kun tarpeellinen määrä virtaamamittauksia on olemassa jollekin poikkileikkaukselle, voidaan sille valmistaa ns. virtaamataulukko tai käyrästä. Tästä voidaan virtaama määrittää, jos vedenkorkeus on tunnettu. Viimemainituista syystä vedenkorkeustyö muodostaa huomattavan osan hydrologisten laitosten toiminnasta.

Jos vesiväylään on rakennettu vesivoimalaitos, toimii se vesimäärän mittarina. Tehon perusteella voidaan nimittäin vesimäärä laskea. Toisaalta on tällaisissa tapauksissa mahdollista käyttää saatuja arvoja säännöstelyasteen suuruudesta riippuen ainoastaan pitempien kausien vesitaloutta määrättäessä.

Taulukko 1 esittää 10 suurimman mereen tai valtakunnan rajalle laskevan joen keski-, yli- ja alivirtaamat. Taulukko on järjestetty vesistöalueen alenevan pinta-alan mukaan. Rajajokia, Tornionjokea ja Tenojokea, ei ole otettu huomioon.

Taulukosta ilmenee, että keskivirtaama yleensä näyttää riippuvan vesistöalueen pinta-alasta, joskin pohjoisosissa maata virtaamat näyttävät olevan suhteellisen suuria. Edelleen todetaan, että vesistöissä, joiden järviprosentti on pieni, esiintyy suuria vaihteluja kuten esim. Kemijoen.

Kuva 5 esittää Suomen alueelta Baltianmeren lahtiin pintavirtauksina tulevia keskimääräisiä vesimääriä (1921—1950). Eri vesistöalueiden virtaamat on nyt pyritty määrittämään mahdollisimman lähelle meren rannikkoa. Tämän johdosta keskivirtaamat saattavat tulla suuremmiksi eräille vesistöalueille kuin mitä taulussa 1 on annettu. Kuvassa on renkaisiin merkitty sellaistaisten jokien keskivirtaamat, jotka ovat $10 \text{ m}^3/\text{s}$ tai suurempia. Tarkastelu

Taulu 1. Suomen suurimpien vesistöalueiden virtaamat. Jakso 1931—60.

Tab. 1. The discharge from the main river basins of Finland. Period 1931—60.

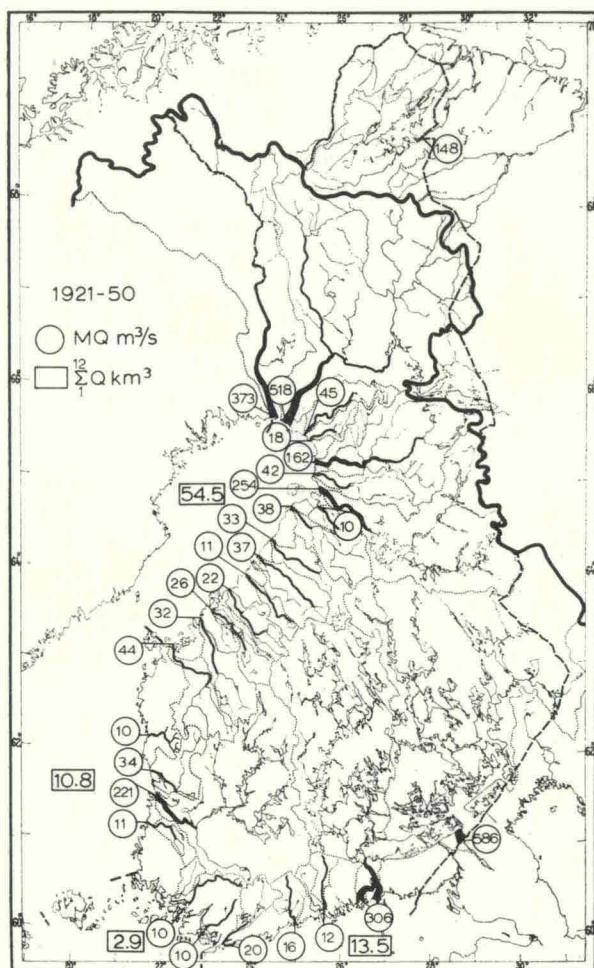
Joen nimi Name of river	Pinta- ala km ² Area in sq. km	Järvi-% Lake percent- age	Virtaama m ³ /s Discharge in cub.mtr. per sec.		
			MQ	HQ	NQ
Vuoksi, Imatra	61 275	19.9	553	1 137	56
Kemijoki, Isohaara	50 800	2.9	578	4 400	62
Kymijoki, Pernoo	36 535	19.3	283	658	65
Kokemäenjoki, Harjavalta	26 025	11.8	206	846	9.0
Oulujoki, Vaala	19 890	12.7	216	771	0.1
Patsjoki, Jäniskoski	14 575	12.2	150	—	—
Iijoki, Merikoski	14 915	5.8	170	1 391	14
Kyrönjoki, Lansorsund	4 805	0.9	43	497	1.0
Siikajoki, Länkelä	4 395	1.5	34	686	0.1
Lapuanjoki, Keppo	3 955	2.8	30	315	0.9

koskee päävedenjakajan Itämeren puoleisia vesistöjä. Kaikkiaan edellämäinitunlaisia jokia on 26 kpl.

Jokien vesimäärän ohella karttaan on merkitty eri merialueille tulevat makeanveden kokonaisvesimäärät ottamalla huomioon kaikki joet sekä arvioimalla rannikolta sekä saaristosta mereen valuva vesi. Nämä keskimääräiset kokonaisvesimäärät on kartassa pantu suorakaiteisiin ja lausuttu yksikössä km³/vuosi.

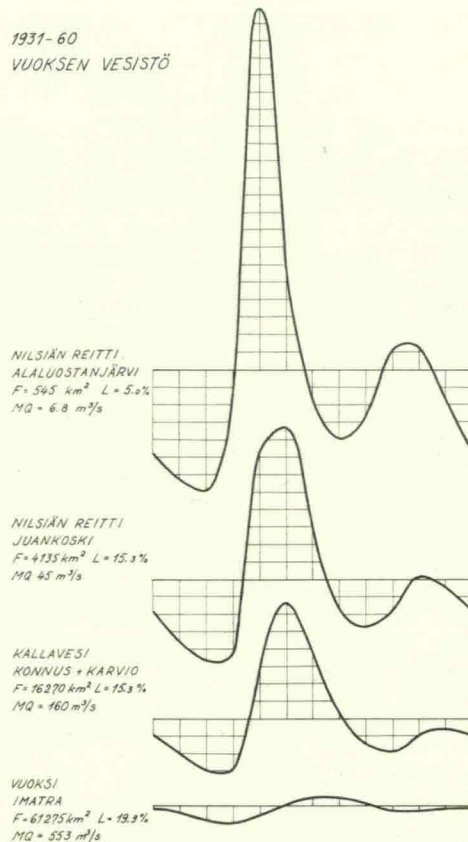
Kartasta todetaan, että suurin kokonaisvirtaama 54.5 km³ tulee vuodessa Perämereen. Kun lisäksi Ruotsin puolelta tulee Perämereen suuria jokia, muodostuu sen makeanveden kokonaismäärä suureksi, Wittingin mukaan 115 km³/v. Kun Perämeri on kynnyksen kautta yhteydessä Selkämereen, tulee suolaisuus vähäiseksi. Suomenlahden makeanveden saalis Suomen alueelta on suhteellisen pieni 13.5 km³, mutta kokonaisuudessa se on myös suhteellisen suuri, koska Nevan keskivirtaama on noin 80 km³/v. Kuvasta nähdään mm., että Vantaan keskivirtaama on 16 m³/s.

Kuvissa 6a, b, c ja d esitetään virtaaman vuotuinen kulku eräissä Suomen vesistöissä jakson 1931—60 aikana tehtyjen havaintojen mukaan. Siinä on kuvattu eri kuukausien keskivirtaamien suhde vuoden keskivirtaamaan. Kuvio esittää siten suhteellisia arvoja eikä ordinaatan suuruus anna tietoja todellisista vesimääristä. Vuotuisen kulun päävaiheet ovat seuraavat: Talven



Kuva 5. Keskimääräinen virtaama Baltianmereen. Jakso 1921–50. Joet, joiden vuotuinen keskivirtaama on 10 m³/s tai suurempi, on merkitty renkaalla. Suorakaiteeseen on merkitty eri meren osiin laskevien jokien virtaamien summa sekä valuma rannikoilta.

Fig. 5. Mean discharge into the Baltic Sea. Period 1921–50. Rivers with annual mean discharge of 10 cub.mtr per sec. or more are marked with circles. In rectangles the total of the discharge of rivers flowing into different parts of the Sea is marked together with the run-off from the coast area.

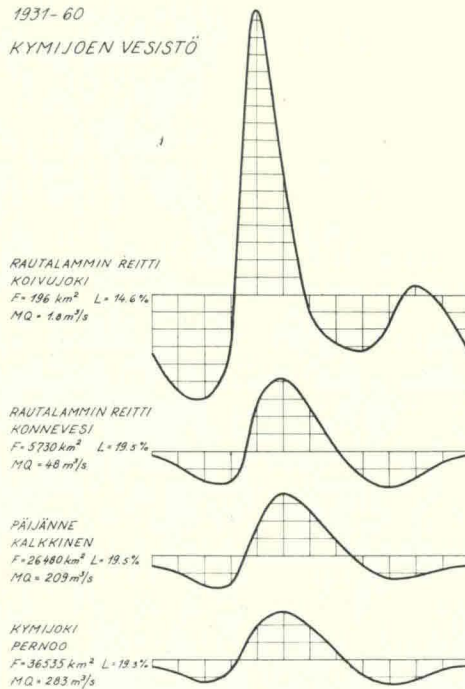


Kuva 6a. Virtaaman vuotuinen kulku. Jakso 1931—60. F vesistöalueen pinta-ala, L järviprosentti, MQ keskivirtaama.

Fig. 6a. Annual course of discharge. Period 1931—60. F = drainage area in sq.km, L = lake percentage, MQ = mean discharge in cub.metr. per sec.

päätyessä virtaamat ovat pienimmillään. Tätä kevätminimiä seuraa lumen kevätsulamisen aiheuttama kevätylivesi, kesän aikana virtaamissa esiintyy usein sekundärinen minimi kesäsateista huolimatta ja myöhemmin seuraa syyssateista johtuva sekundäärinen maksimi. Talven aikana virtaamat keskimäärin pienenevät.

Vuoksen vesistöä esittävästä diagrammista 6a huomataan, että pienissä latvajärvissä vaihtelut ovat jyrkimmät ja nopeimmat. Kun siirrytään vesistö-reitissä alaspäin, todetaan vesistöalueen ja järven pinta-alan lisääntyessä vuotuisen kulun vaimentuvan ja ääriarvojen myöhästyvän. Vuoksen virran vuotuinen vaihtelu on kuvan mukaan pieni. Käyrä esittää säännöstelemättö-



Kuva 6b. Virtaaman vuotuinen kulku. Jakso 1931—60.

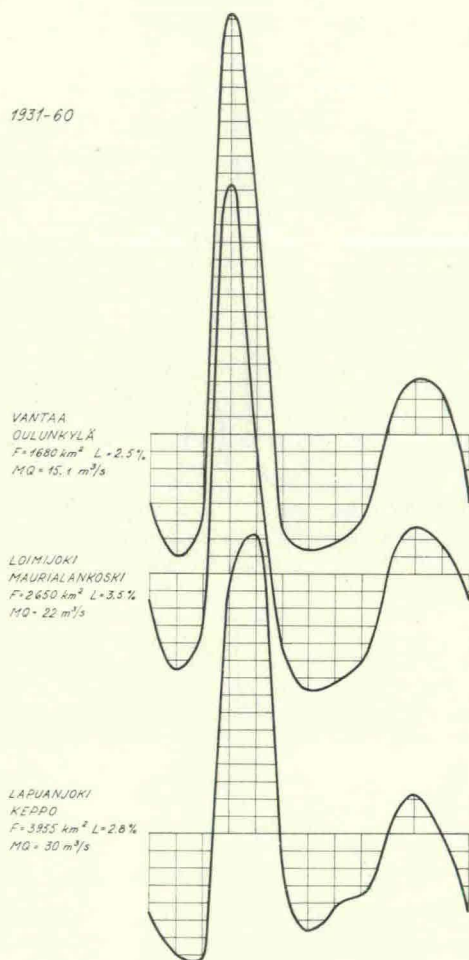
Fig. 6b. Annual course of discharge. Period 1931—60.

mänä ajanjaksona havaittuja arvoja. Ääriarvojen myöhästyminen on huomattavan suuri. Vaikkakin vuotuiset vaihtelut Vuoksessa, sen ollessa luonnontilassa, ovat vähäiset, esiintyy, kuten myöhemmin tulee puhe, tässä vesistössä ali- ja ylivesikausia.

Myös muissa järvialueen päävesistöissä havaitaan samantyyppinen vuotuinen kulku, kuten Kymijoen vesistöä (kuva 6b) koskeva diagrammi osoittaa.

Jokivesistöjä koskevat diagrammit (kuvat 6c, 6d) osoittavat rajumpia vaihteluita järvisyyden ollessa pienen. Esimerkkejä tällaisista ovat Vantaa, Loimijoki ja Lapuanjoki, joissa kaikissa varsinkin kevään ylivesi saavuttaa suhteellisen suuria arvoja. Iijoen käyrillä on tyypillinen jokivesistöä edustava muoto, kun taas Tornionjoen käyrän kesän yliveden huippu on melko pitkäaikainen ja syysmaksimi esiintyy vaimeasti.

Esitetyt kuvat perustuvat kuukauden pituisten jaksoiden käyttöön, joten tulokset ovat huomattavasti tasotettuja. Pois on esim. jäänyt Tornionjoen käyrässä todettava kaksoismaksimi, joka on seurauksena alavimmilla mailla tapahtuneesta lumensulamisesta ja myöhemmin tuntuilla tapahtuvasta



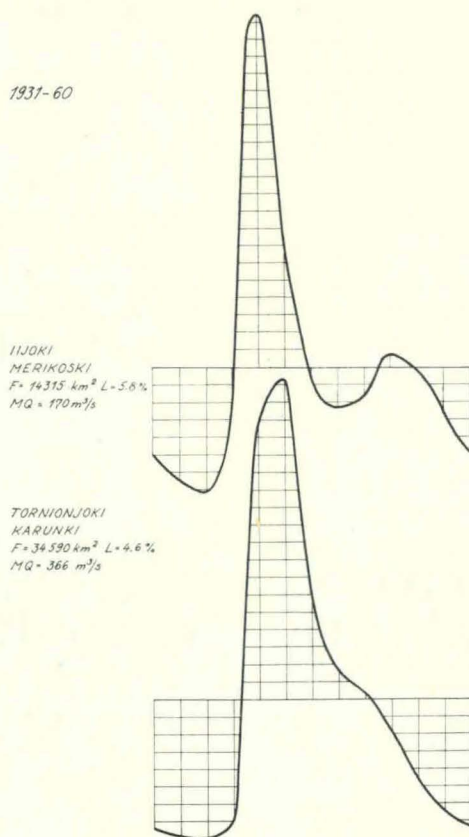
Kuva 6c. Virtaaman vuotuinen kulku. Jakso 1931-60.

Fig. 6c. Annual course of discharge. Period 1931-60.

sulamisesta, ns. tunturitulva. Käyrien yksityiskohtainen analyysi paljastaa erilaatuisien ilmastollisten ja alueellisten tekijöiden vaikutuksia.

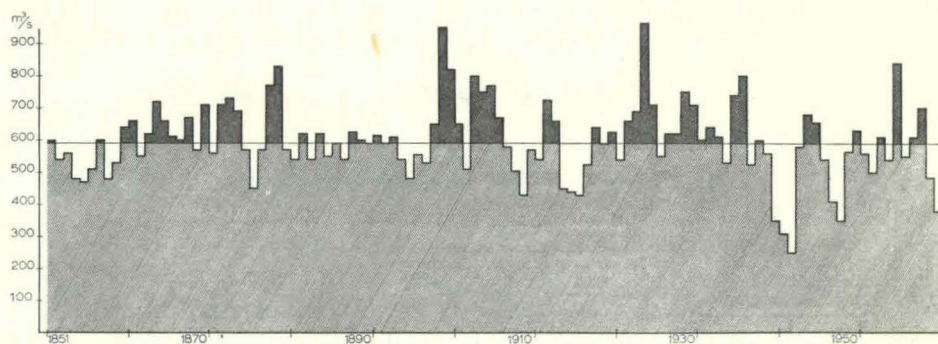
Virtaaman vuotuista kulkua pyritään muuntamaan voimatalouden kannalta edullisemmaksi rakentamalla säännöstelyaltaita järvisyyden ollessa pienen. Myöskin tähän liittyy säännöstelysuunnitelmien tekeminen.

Suurien vesistöalueiden keskusjärvissä todetaan kuten jo mainittiin pitkäaikaisia aperiodisia vaihteluita. Kuva 7 esittää Vuoksen virran virtaamaa Imatrassa vuosina 1851-1960. Kauden 1851-1900 virtaamat ovat määrättyt



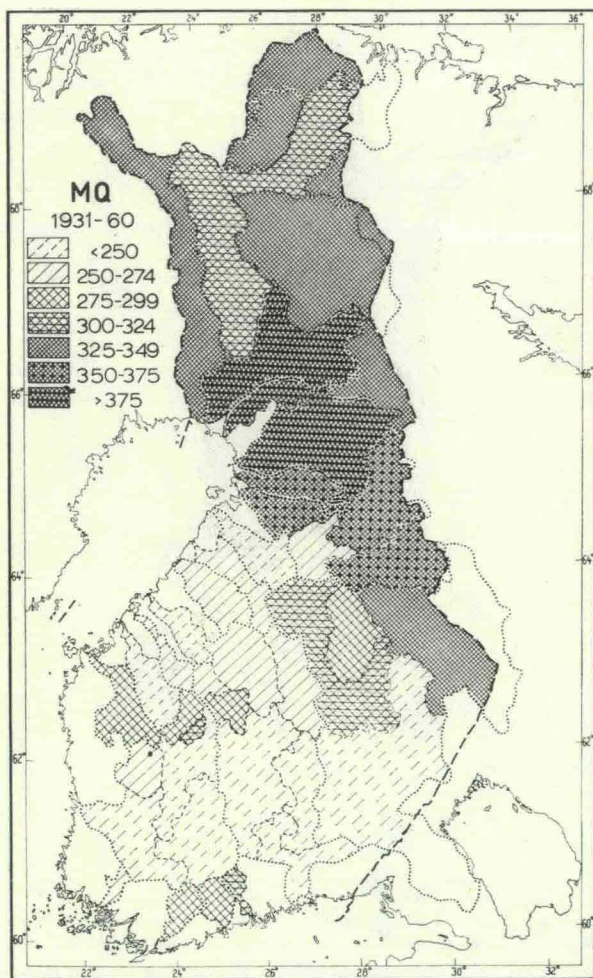
Kuva 6d. Virtaaman vuotuinen kulku. Jakso 1931—60.

Fig. 6d. Annual course of discharge. Period 1931—60.



Kuva 7. Keskivirtaama Vuoksi, Imatra. Vuodet 1851—1964.

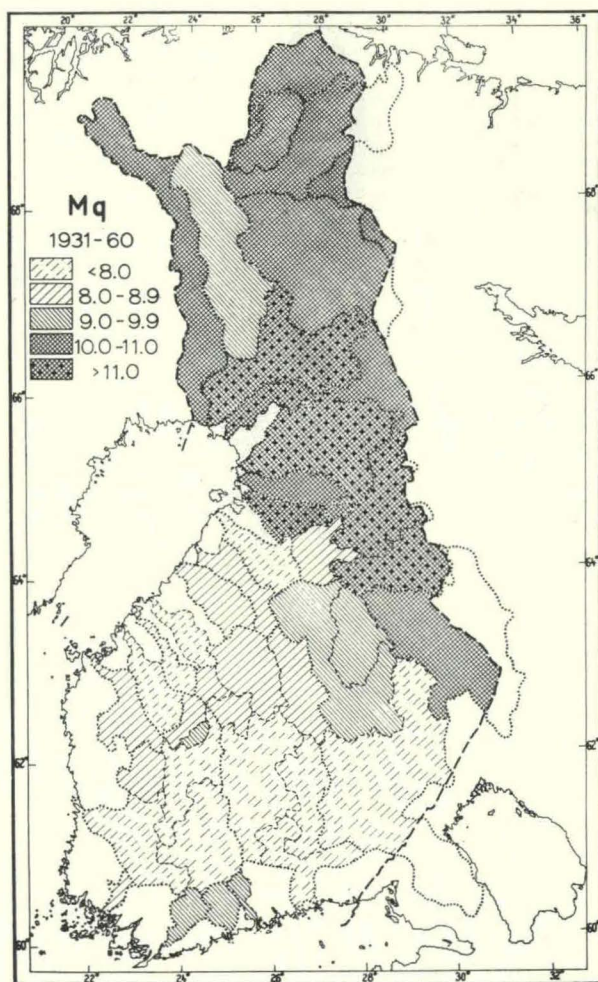
Fig. 7. Mean annual discharge of River Vuoksi at Imatra. Period 1851—1964.



Kuva 8. Keskimääräinen vuotuinen virtaama. Aluearvoja mm:ssä.

Fig. 8. Mean annual discharge. Drainage area values in mm.

jakson aikana tehtyjen vedenkorkeushavaintojen avulla käyttämällä myöhemmin laadittuja virtaamataulukkoja. Kuvaan on merkitty myös koko jakson keskivirtaamaa edustava suora. Sitä suuremmat virtaamat ovat tummennettu kun taas vajeaus pitkäaikaisesta keskivirtaamasta on valkoinen. Virtaamaa koskeva diagrammi osoittaa, että tarkastetun ajanjakson aikana on esiintynyt useita pitkiä kausia, jolloin virtaama on ollut tavallista alempi. Tällaisia kuivia kausia on esiintynyt mm. 1914—17, 1939—42 ja 1946—49. Pisin kuiva-



Kuva. 9. Keskimääräinen valunta, l/s.km².

Fig. 9. Mean run-off in liters per sec per sq.kilometer

kausi on kestänyt noin 3 vuotta. Runsasvetisiä jaksoja on esiintynyt mm. vuosina 1922—25 ja 1928—30. Ylivesijaksot ovat lyhyempiä kuin edellä mainitut kuivat jaksot. Poikkeuksellisen suuri oli virtaama vuosina 1899 ja 1924.

Mainittuja pitkiä poikkeuksellisia jaksoja esiintyy selvästi ainoastaan suurien vesistöalueiden suurien keskusjärvien luusuissa. Edellä mainitut Saimaassa todetut jaksot esiintyvät Laatokan virtaamissa vielä selvemmin.

On mahdollista, että ilmakehän kiertoliikkeen yleiset vaihtelut kuvastuvat näissä poikkeuksellisissa kausissa.

Virtaaman alueellista jakautumista esittää virtaaman korkeutta kuvaava kartta (kuva 8). Virtaaman korkeudella tarkoitetaan millimetreissä lausuttua korkeutta, joka saavutettaisiin, jos k.o. ajassa alueelta virranneet vesimäärät olisivat tulleet sinne, ja peittäneet alueen tasaisesti. Suurimmat virtaaman korkeudet saavutetaan pienillä vesistöalueilla, jotka sijaitsevat saderikkailla alueilla. Alueen pinta-alan lisääntyessä virtaaman korkeus yleensä pienenee.

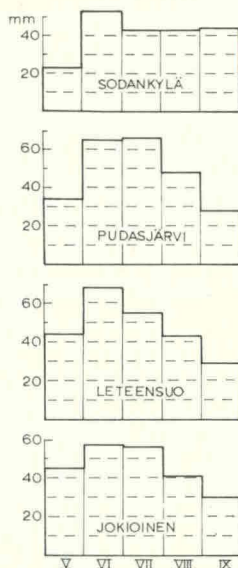
Virtaaman korkeuden asemasta käytetään tavallisimmin valumaa. Valuma saadaan jakamalla virtaama vesistöalueen pinta-alalla, tulos lausutaan l/s. km². Valumakartasta (kuva 9) nähdään, että suurimmat arvot noin 12 l/s.km² havaitaan Oulujoen, Iijoen ja Kemijoen eteläosan vesistöalueilla. Keskimäärin valuma on maassamme noin 10 l/s. km².

Vesitalousyhtälön haihtumista kuvaavan termin *E* määrittämiseksi voidaan käyttää useita eri menetelmiä. Yleisimmin on käytetty vesitalouslaskelmia, jolloin haihtuminen määritetään vesitalousyhtälön avulla. Energiatalouslaskelmia käyttämällä pyritään määrittämään jonkun tietyn alueen haihtumiseen kuluva lämpö, josta haihtuminen voidaan laskea. Aerodynamisessa menetelmässä lasketaan haihtuminen turbulenssin johdosta tapahtuvasta vesihöyryn kuljetuksesta ja kinemaattisessa menetelmässä haihtuminen voidaan laskea alueella tapahtuneen vesihöyryn kuljetuksen avulla käyttämällä aerologisia havaintoja. Edelleen haihtumisen määrittämisessä käytetään erilaisia lysimetrejä. Eri menetelmiä voidaan lisäksi kombinoida. Ilmeistä on, että kun haihtumisen määrittäminen on usein vaikea tehtävä niin sitä koskevat tiedot ovat vielä puutteellisia.

Tässä esityksessä haihtuminen on määritetty vesitalousyhtälössä olettamalla alueen vesivaraston muutos = 0, mikä otaksuma yleensä pitää paikkansa, jos tarkastelu jakso on riittävän pitkä.

Haihtumisen vuotuisen kulun kuvaamiseen tässä käytetty menetelmä on vaikeasti sovellettavissa. Talvella Suomessa haihtuminen on käytännöllisesti katsoen olematonta, mutta lämpötilan noustua 0° yläpuolelle se kasvaa saavuttaen yleensä kesä- ja heinäkuussa suurimmat arvonsa pienentyen jälleen syksyä kohden. Kuvassa 10 on esitetty lysimetrimittauksien keskiarvotuloksia vuosilta 1959—64. Jokioisten, Leteensuon ja Pudasjärven lysimetrit ovat ruohoa kasvavia, Sodankylän sammalpeitteinen. Mittauksista ilmenee, että ero maan pohjois- ja eteläosien välillä ei ole niin suuri kuin mitä vesitalouslaskelmia koskeva kartta osoittaa. Sodankylässä haihtumismäärä on tarkastelujen kuukausien aikana noin 205 mm, mutta Leteensuolla, missä on mitattu suurimmat arvot, ainoastaan 250 mm.

Jakson 1931—60 keskimääristä aluehaihtumista esittää kuva 11. Suu-



Kuva 10. Kuukausien keskimääräinen transpiratio. Jakso 1959—64.

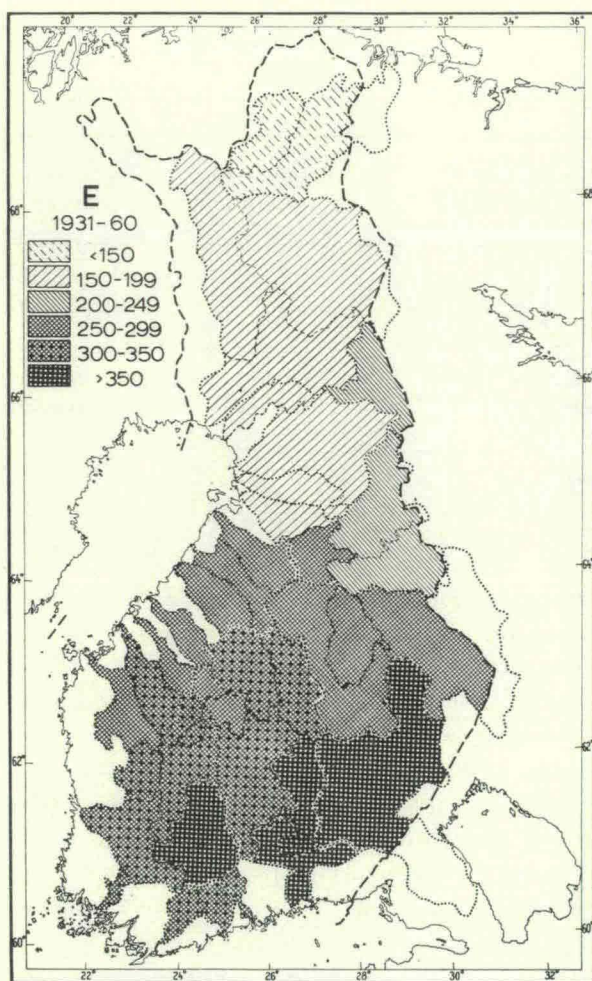
Fig. 10. Mean monthly transpiration. Period 1959—64.

rimmat haihtumismäärät, jotka esiintyvät maan eteläosassa ylittävät 350 mm, mutta Lapissa paikoitellen haihtuminen jää 100 mm alapuolelle. Suuria haihtumismääriä näyttää esiintyvän järviolueella kuten Saimaan alue 354. Mäntyharjun reitti 386 ja Vanajaveden vesistöalue 358 mm.

Pohjois-Suomea koskevat haihtumisarvot lienevät todellisuudessa jonkun verran suurempia kuin mitä kuva 11 esittää. Edellä esitetyt lysimetrimittaus-tulokset sekä erikoistutkimukset antavat aihetta tähän olettamukseen.

Voidaan otaksua etteivät vesitalousyhtälön termit ole tunnettuja riittä-vällä tarkkuudella. Virtaamaa Q koskeva virhe voidaan arvioida tarkimmin. Sen keskivirhe on noin 2% eikä ylitä 5%. Sen sijaan, kuten jo on mainittu, sateen aluearvojen virheistä ei ole luotettavia tietoja. Tämän johdosta on syytä olettaa että maan pohjoisissa osissa mittauspaikkojen vähälukuisuuden takia sateen aluearvot ovat jonkun verran liian pieniä. Sadehavaintoasemat sijaitsevat useimmiten laaksoissa, joissa sademäärä on tunnetusti pienempi kuin korkeammilla seuduilla. Viime mainittu seikka vaikuttanee pääasiassa sen, että sademäärä Lapissa yleensä esitetään todellisia arvoja pienempänä.

Sama asia kuvastuu erittäin selvänä eräiden Norjaa koskevien vesistö-alueiden vesitalouslaskelmissa. On nimittäin todettu, että joidenkin Norjan jokien virtaamat ovat suurempia kuin sateen aluearvot, mitä asiantilaa kutsu-taan hydrologiseksi paradoksiksi.



Kuva 11. Keskimääräinen vuotuinen evapotranspiratio. Aluearvoja mm:ssä.

Fig. 11. Mean annual evapotranspiration. Catchment area values in mm.

Yhteenveto Suomen alueella tapahtuvasta veden kiertoliikkeeseen osallistuvien vesimäärien keskimääräisestä suuruudesta on esitetty taulukossa N:o 2. Kuten edellä jo on mainittu ovat maan pohjoisia osia koskevat vesitaloustekijät epävarmasti määrättävissä, joten taulukon 2 arvoja on pidettävä kokonaisuudessaan varsin likimääräisinä. Taulukossa on ryhmitelty erikseen Baltianmereen ja Pohjoiseen Jäämereen laskevat vesistöalueet. Baltianmerta koskevassa virtaaman arvossa on otettu myös huomioon maan

Taulu 2. Vesimäärien tase Suomessa

Tab. 2. Waterbalance in Finland.

km³/v ja mm/v; in cub.km per year and in mm per year

Vesistöaluaryhmät Catchment area systems	Sademäärä Precipitation	Virtaama Discharge	Haihtuminen Evapotranspiration
Baltianmereen Into the Baltic Sea } 307 779 km ²	168 545	100 325	68 220
Pohjoiseen Jäämereen Into the Artic Ocean } 29 230 km ²	13 435	10 325	3 110
Yhteensä } Total } 337 009 km ²	181 535	110 325	71 210

kaakkoisrajan kautta Laatokkaan aluksi joutuvat vedet. Pohjoista Jäämerta koskevassa ryhmässä on mukana Vienanmereen laskevat vedet. Viimemainitun alueen pinta-ala on 6 410 km².

Verrattaessa Baltianmeren ja Jäämeren puoleisten alueiden vesitalous toisiinsa todetaan mm., että Jäämeren alueen sademäärä on 7 ja virtaama 9% koko Suomen aluetta koskevista arvoista.

Havainnollinen käsitys hydrologiseen kiertoilikkeeseen osallistuvien vesimäärien suuruudesta saadaan, jos verrataan Suomen alueelta keskimäärin meriin virtaavan noin 110 km³ vesimäärää Tonavan, Euroopan toiseksi suurimman joen keskivirtaamaan, joka sen suulla on 202 km³ vuodessa.

Summary: On the water budget of Finland

The areal values of precipitation P , discharge MQ and evaporation E of the main catchment areas in Finland have been determined by using chiefly the observations of the period 1931—60. The values are given in mm and they are presented in figures 4, 8 and 11. As the precipitations values of a part of northern Finland presented in Fig. 4, are obviously below the true value, even the evaporation of the same area is greater than indicated in Fig. 11. Greatest areal evaporation occurs in the region of the Lake Plateau exceeding in some places 380 cm. The greatest run-off exceeding 12 lit. per sec per sq.km are established in the north and north east coast of the Gulf of Bothnia as indicated in Fig. 9. From the coast to the inner part of the country the ground

rises rapidly accounting for the abundant precipitation here and also for the scantier evaporation compared to the southern parts of the country. Table 2 represents the approximate illustrating the water balance of the whole country.

Kirjallisuutta

1. GUSTAFSSON, SVEN, 1963. Inflow from Finland into the Baltic Sea. Hydrologisen toimiston tiedonantoja, Meddelanden från Hydrologiska byrån XXII.
2. RENQVIST, HENRIK, 1951. The inland waters of Finland. Hydrograafisen toimiston tiedonantoja, Meddelanden från Hydrografiska byrån XII.
3. SIMOJOKI, HEIKKI, 1954. Long rhythmic water level variations in Lake Saimaa compared with the fluctuations in some climatological elements. Geophysica Vol. 5, N:o 2.
4. SIRÉN, ALLAN, 1949. Die Bestimmung der Verdunstung und ihrer Einwirkung auf die Wasserläufen von Finland. Hydrografisen toimiston tiedonantoja, Meddelanden från Hydrografiska byrån XII.
5. WITTING, ROLF, 1918. Hafsytan, geoidytan och landhöjningen utmed Baltiska Havet och vid Nordsjön. Fennia 39, N:o 5, s. 100—123.
6. VÄISÄNEN, A., 1962. A computation of the evaporation over Finland during a rainless period based on the divergence of the water vapor flux. Vol. 8, N:o 2.
7. Hydrologinen vuosikirja — Hydrologisk årsbok 1960, 1962. N:o 16, 17.